

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**

**MARIO FELIPE FERREIRA**

**MÉTODO DE DIAGNÓSTICO E APLICAÇÃO DAS TECNOLOGIAS DA  
INDÚSTRIA 4.0 PARA INCREMENTAR O NÍVEL DE DIGITALIZAÇÃO DE UM  
PROCESSO DE MANUFATURA: UM ESTUDO DE CASO**

**CURITIBA**

**2019**

**MARIO FELIPE FERREIRA**

**MÉTODO DE DIAGNÓSTICO E APLICAÇÃO DAS TECNOLOGIAS DA  
INDÚSTRIA 4.0 PARA INCREMENTAR O NÍVEL DE DIGITALIZAÇÃO DE UM  
PROCESSO DE MANUFATURA: UM ESTUDO DE CASO**

Artigo apresentado ao curso de Especialização em Engenharia de Produção, departamento de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Setor de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como requisito para a obtenção do título de Especialista em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo G. Cleto

**CURITIBA**

**2019**

# **MÉTODO DE DIAGNÓSTICO E APLICAÇÃO DAS TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0 PARA INCREMENTAR O NÍVEL DE DIGITALIZAÇÃO DE UM PROCESSO DE MANUFATURA: UM ESTUDO DE CASO**

Mario Felipe Ferreira

## **RESUMO**

A evolução tecnológica está tornando os processos industriais cada vez mais autônomos. Tal autonomia é fruto da quantidade crescente de dados gerados e analisados possibilitando tomadas de decisões em tempos cada vez mais curtos e in loco, resultando em aumento da produtividade e competitividade das organizações. A Indústria 4.0 fornece várias tecnologias capazes de alavancar o fluxo de atividades e principalmente a aumentar a extração de informações relevantes para o processo. Um dos grandes desafios dos gestores é identificar dentre todas as tecnologias que compõem a Indústria 4.0 quais melhores se aplicam ao seu tipo de processo. Todo processo tem seus indicadores chaves de performance, porém se não extraídos e interpretados corretamente não podem contribuir para o processo, pois não são considerados durante a tomada de decisão. Através do Mapeamento de Fluxo de Valor 4.0 é possível identificar o fluxo de informação e qual é a tecnologia adequada para extração, processamento e análise dos dados proporcionando um direcionamento ao gestor no processo de escolha das tecnologias a serem implantadas, alavancando o processo de coleta de dados através da digitalização.

Palavras-chave: Indústria 4.0. Mapeamento de Fluxo de Valor. Digitalização.

## **1 INTRODUÇÃO**

A Indústria 4.0 (I4.0) vem se tornando cada vez mais presente com o passar dos anos. Em prol do maior controle de processos e a constante busca por redução de custos através da melhoria de técnicas e controle do processo produtivo as empresas têm investido em tecnologias advindas da quarta revolução industrial, como é conhecida a introdução de sistemas cyber-físicos no ambiente produtivo. Tal ambiente vem sofrendo constantes evoluções desde o surgimento das primeiras máquinas de produção em grande escala. A produção de bens como, a conhecemos hoje, teve

início com a Revolução Industrial, quando foi possível produzir e criar meios para o consumo em massa (LUSTOSA, MESQUITA, *et al.*, 2008).

Por muitos anos desde o surgimento da Indústria 4.0 o conceito e aplicação das ferramentas ficaram restritas à grandes organizações devido ao alto custo de implantação das tecnologias envolvidas e alta capacitação técnica exigida dos funcionários. Porém ao tornarem-se menos competitivas no mercado, as empresas de pequeno e médio porte viram-se obrigadas a implantar as novas tecnologias para tornarem-se novamente competitivas no mercado e acompanhar a tendência de crescimento e modernização dos parques industriais aliado a um consumo mais otimizado de recursos, impactando em menores custos de operação e maior eficiência na produção.

De acordo com o relatório publicado pela Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2016, p. 17), estima-se que, até 2025, os processos relacionados à Indústria 4.0 poderão reduzir custos de manutenção de equipamentos em até 40%, reduzir o consumo de energia em 20% e aumentar a eficiência no trabalho em até 25% podendo impactar o PIB brasileiro em aproximadamente US\$ 39 bilhões até 2030.

Nessa conjuntura, o presente artigo tem como objetivo verificar qual a melhor tecnologia dentre todas existentes na Indústria 4.0 se adapta melhor em uma empresa de pequeno porte do ramo de tabaco, de modo a incrementar o nível de digitalização do processo produtivo. Segundo publicação realizada pela Siemens (SIEMENS, 2016), para a Indústria 4.0 se tornar realidade no país, é preciso desmistificar pontos fundamentais, como a velocidade de adaptação. Ao contrário do que se imagina, o ritmo é determinado por cada empresa, não depende apenas de tecnologia, mas também de fatores econômicos e estratégicos.

## **2 CONTEXTO HISTÓRICO**

A primeira revolução industrial ocorreu no final do século XVIII, a qual foi marcada pela inovação e mecanização das máquinas a vapor. Mais especificamente em 1776, James Watt vendeu seu primeiro motor a vapor na Inglaterra instalado inicialmente em fábricas de artefatos de ferro e aço, nessa época houveram avanços tecnológicos importantes que facilitaram a substituição de mão-de-obra por capital e permitiram o desenvolvimento de economias de escala, tornando interessante o estabelecimento de unidades fabris (CORRÊA e CORRÊA, 2005).

Anos depois com o advento da energia elétrica foi possível estabelecer a produção em massa através das linhas de montagens. Nesse período, Frederick Taylor implantou a administração científica do trabalho, conceito que auxiliou na gestão fabril mais sistematizada. Esse movimento foi caracterizado como a segunda revolução industrial e teve início em 1850 (SANTOS, 2011). Foi uma época onde a busca pela liderança tecnológica se tornou tendência nos países ocidentais industrializados. Invenções foram aprimoradas devido a pesquisas científicas que tiveram como base o conhecimento pragmático dos séculos anteriores adquiridos por inventores, artesãos e pequenas fábricas (MOKYR, 1998).

Em 1970 uma nova revolução teve início. Com um aspecto mais digitalizada, foi um grande marco e abertura de caminho para tecnologias atuais. Disseminou o uso de semicondutores, computadores, automação e robotização de linhas de produção. Iniciou a tendência de processar e armazenar dados em meio digital e melhoria nos métodos de comunicação. A terceira revolução industrial, como ficou conhecida esse movimento, gerou novas tendências de inovação nas principais economias mundiais:

- Peso crescente do complexo eletrônico;
- Um novo paradigma de produção – a automação flexível;
- Mudança nos processos de trabalho;
- Transformação nas estruturas e estratégias empresariais;
- Novas bases de competitividade;
- A globalização como aprofundamento da internacionalização;
- Alianças tecnológicas foram criadas como uma forma de competição no mercado mundial.

(COUTINHO, 2016) Destaca as duas primeiras tendências como principais fatores para a transformação na área de automação industrial.

O conceito de indústria 4.0 nasceu na Alemanha em 2011 através da iniciativa de acadêmicos, profissionais da indústria e governo com o objetivo de aumentar a competitividade do setor de manufatura no país através da união entre produção industrial e tecnologias de informação e comunicação (KAGERMANN, HELBIG, *et al.*, 2013). Visa estreitar a comunicação entre pessoas, máquinas e recursos, com o objetivo de transformar o controle do processo produtivo centralizado em um modelo descentralizado e autônomo.

A I4.0 promete nada menos que a 4ª Revolução Industrial. Através de sistemas cyber-físicos as organizações serão elevadas a um novo patamar de produção, promovendo a informatização da indústria utilizando como base as inovações tecnológicas, aumentando a conectividade da automação, do controle e da tecnologia da informação para aprimorar os processos de manufatura e sua eficiência. Criando assim, o conceito de fábricas inteligentes, no qual o processo de manufatura será totalmente digitalizado e conectado, tornando a produção autônoma e inteligente. Segundo (SCHWAB, 2016) as tecnologias aplicadas ao ambiente de produção e que são consideradas como pilares da indústria 4.0 são:

- Computação em nuvem;
- Internet of things (IoT);
- Veículos autônomos;
- Manufatura aditiva;
- Sistemas cyber-físicos;
- Inteligência artificial;
- Big data;
- Realidade aumentada.

### **3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

A I4.0 tem como objetivo o aumento da produtividade e flexibilidade do processo produtivo resultando em ganhos econômicos que é o grande objetivo das empresas de pequeno porte. A integração de sistemas Cyber-físicos e internet das coisas na manufatura terá uma relevância alta para tomada de decisões estratégicas importantes para a empresa (SILVA, 2019). Para (LANGMANN e ROJAS-PEÑA, 2016) essa integração gera alguns requisitos como agilidade na configuração e programação dos Controladores Lógicos Programáveis (CLPs), encapsulamento das informações, networking em redes locais e globais, tempo de execução, além da necessidade de possuírem conexão via IP ethernet e internet com outros sistemas.

A I4.0 é formada por conceitos e pilares fundamentais para a sua existência, com o objetivo de melhoria contínua e eficiência dos processos. Nesta seção, serão apresentados os principais conceitos envolvidos para o desenvolvimento da quarta revolução industrial.

### 3.1 BIG DATA

Refere-se a grande quantidade de dados gerados em tempo real pela empresa e são utilizados para gerenciamento das informações, coletas, cruzamentos de dados, pesquisas e análises para tomada de decisões. Big data caracteriza-se por quatro aspectos: veracidade, variedade, velocidade e volume. O aspecto veracidade diz respeito ao quão confiável e verdadeiro são os dados e as informações coletadas. A variedade refere-se à variabilidade de formatos que os dados são encontrados, ao passo que a velocidade, descreve a rapidez com que as informações são criadas e dispostas na rede. E o volume implica na quantidade de dados e informações que a indústria recebe ou gera em um determinado período (ZIKOPOULOS, DEUTSCH, et al., 2012).

### 3.2 INTERNET DAS COISAS

A Internet of Things (IoT) ou internet das coisas como também é conhecida por meio do *Cyber Physical Systems* (CPS) e outros protocolos industriais, são exemplos de tecnologias de comunicação e informação da indústria 4.0. Permitem a conexão de softwares e máquinas dentro de sistemas conectados a uma rede corporativa. Na indústria, o conceito de IoT envolve a presença generalizada de sensores, atuadores, dispositivos de identificação por radiofrequência (RFID), etiquetas, códigos, tablets e diversos dispositivos eletrônicos onde, por meio de endereçamento exclusivo as “coisas” possuem capacidade de interagir e cooperar dentro de uma rede para atingir objetivos (ATZORI, IERA e MORABITO, 2010).

### 3.3 SISTEMAS CYBER-FÍSICOS

Os CPS baseiam-se na integração da computação, redes de comunicação e processos físicos. Ao contrário dos sistemas embarcados tradicionais, baseados em dispositivos autônomos, o foco do CPS é controlar e monitorar vários dispositivos, máquinas e equipamentos de um processo produtivo permitindo, através de rede, a comunicação de sistemas físicos com o sistema cibernético (PISCHING, JUNQUEIRA, et al., 2015)

### 3.4 COMPUTAÇÃO EM NUVEM

A computação em nuvem pode ser explicada como um enorme banco de dados que pode ser acessado em qualquer lugar do mundo por meio de dispositivos conectados à internet. A enorme quantidade de dados gerados pelos sensores, atuadores, dispositivos com RFID pertencentes a um sistema cyber-físico são armazenados na nuvem. (WAN, CAI e ZHOU, 2014) Explica que a tecnologia em nuvem oferece baixo custo e alto desempenho, pode disponibilizar softwares, hardwares e outros recursos de tecnologia de informação, os quais podem ser utilizados conforme a necessidade de aplicação e disponíveis em tempo real.

### 3.5 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Sistemas que utilizam o aprendizado da máquina para criar programas de tomadas de decisões. Através de técnicas chamadas de redes neurais a máquina busca relações entre centenas de fatores de entrada e os resultados do processo que se busca otimizar, permitindo a criação de sistemas automáticos de tomadas de decisão, capazes de gerenciar tarefas complexas tão bem ou melhor que os seres humanos. De acordo com (FERNANDES, 2003) inteligência artificial é a parte da ciência da computação voltada para o desenvolvimento de sistemas de computadores inteligentes, ou seja, sistemas que exibem características, as quais se relacionam com a inteligência no comportamento do homem. Pode-se citar como exemplo: compreensão da linguagem, aprendizado, raciocínio e resolução do problema.

### 3.6 VEÍCULOS AUTÔNOMOS

Os veículos guiados automaticamente ou Automed Guided Vehicle (AGV) têm bastante importância na indústria 4.0. São máquinas que executam dentro das indústrias diversas tarefas como transporte, levantamento de peso, detecção, entre outras de forma inteligente, rápida e autônoma. A utilização de AGVs no chão de fábrica aumenta o grau de automação e eficiência, reduz o custo de Mão-de-obra e torna o ambiente de trabalho mais rápido e seguro (WAN, CAI e ZHOU, 2014).

### 3.7 MANUFATURA ADITIVA



Tecnologia que possibilita converter um modelo 3D em um objeto físico através da aplicação de luz, vibração ultrassônica, laser ou feixe de elétrons. É utilizada na produção de pequenos lotes e produtos customizados. (RUBMANN, LORENZ, *et al.*, 2015) Explica que manufatura aditiva é a produção de produtos por meio de impressoras 3D, através da adição de matéria prima, sem a utilização de moldes físicos.

### 3.8 REALIDADE AUMENTADA

É uma tecnologia que apresenta como principal característica a integração do mundo virtual com o real. Através de dispositivos eletrônicos é possível enxergar e interagir com elementos virtuais que orientam quais ações devem ser executadas em determinada atividade.

Na área da manufatura, a realidade aumentada pode ser utilizada no planejamento de linhas de produção, instruções visuais para operadores durante o processo. Na manutenção, as tarefas podem ser otimizadas através da visualização de esquemas de montagem de peças diretamente no local onde serão realizadas (KLIMANT, KOLLATSCH e SCHUMMAN, 2017).

## 4 MÉTODO

O método de diagnóstico proposto neste trabalho baseia-se no modelo apresentado por (SCHULES, 2018) que visa sequenciar a pesquisa em quatro etapas.

A primeira etapa consiste em mapear o processo a ser estudado. Etapa 2, identificar aplicações da Indústria 4.0 no processo analisado. A etapa 3 tem o objetivo de identificar os potenciais de melhoria e finalmente a etapa 4 estabelece propostas de melhoria dentro do contexto da I4.0.

De acordo com a literatura, o método mais difundido para realizar o mapeamento do processo é o Value Stream Mapping (VSM) ou mapeamento do fluxo de valor, em tradução livre.

O VSM é uma ferramenta que ajuda a enxergar e entender o fluxo de material e informação em um processo de fabricação de um determinado bem e até mesmo serviço. Através dessa ferramenta identificam-se as atividades específicas e segue-se o caminho que o produto faz durante o processo, desde o cliente até o fornecedor

de material, possibilitando a representação do processo produtivo visualmente através de um desenho contendo todo o fluxo de material e de informação (ROTHER e SHOOK, 2000).

Entretanto, existe um modelo de mapeamento voltado à Indústria 4.0. O Value Stream Mapping 4.0 (VSM4.0) abre novas possibilidades, o modelo clássico é estendido para auxiliar no diagnóstico de quais informações podem ser extraídas e quais digitalizações são necessárias, expondo assim, o processo a mais oportunidades de melhoria (MEUDT, METTERNICH e ABELE, 2017).

O foco principal do método é que a coleta de dados, o tratamento da informação, o armazenamento dos dados, os indicadores chaves de performance e a utilização da informação coletada sejam representados visualmente. Os seis passos para um VSM4.0 eficaz segundo (MEUDT, METTERNICH e ABELE, 2017) são apresentados abaixo:

Passo 1: Um mapeamento de fluxo de valor do modelo clássico deve ser realizado. Esse passo é essencial para gerar um entendimento abrangente da cadeia de fluxo de valor e identificar pontos de melhoria no processo utilizando o Kaizen. Indicadores chaves de performance ou Key Performance Indicator (KPI) e dados extraídos do processo são representados através de notações gráficas como caixas e setas que representam as estações de trabalho e o fluxo de informação respectivamente.

Passo 2: Deve-se criar uma lista com todos os meios de armazenamento dos dados extraídos do processo. Meios de armazenamento de dados podem ser: fichas, formulários, funcionários, sistema ERP, MES (Manufacturing Execution Systems), planilhas do MS Excel, entre outros. Para cada meio de armazenamento é traçado uma linha na horizontal abaixo das caixas de processos desenhadas.

Passo 3: Pontos de coleta dos dados, KPIs e todos os dados do processo e seus meios de armazenamentos devem ser interligados através de uma linha vertical contínua. Itens sem correspondentes, ou seja, sem conectividade (espaços em branco) com outros meios de armazenamento podem indicar oportunidades de melhoria que foram identificadas através da aplicação do Kaizen.

Passo 4: Serve para determinar a utilização dos dados. Nesse passo, a relevância dos dados e KPIs coletados são avaliados. Pode ser verificado qual informação é coletada ou gerada e que não está sendo utilizada. Para todo dado que é de fato utilizado, linhas tracejadas na vertical serão traçadas de modo a ir de

encontro as linhas horizontais e conectando o fluxo de informação ao gerenciamento do chão de fábrica ou controle de processo.

Passo 5: Como em um mapeamento de fluxo de valor clássico, todos os desperdícios, seja de processo ou de informação, são detalhados em uma seção específica do mapa.

Após os desperdícios serem descritos é necessária uma visão detalhada entre os processos e os parâmetros de avaliação, representados pelas linhas de conexões.

Três indicadores chave de performance irão focar na causa dos problemas no fluxo de utilização da informação. O primeiro é a “Disponibilidade de Dados” (DD) que tem como objetivo calcular a razão entre conjuntos padrões de KPIs (já existentes) em cada processo e os dados ou indicadores que se planeja coletar do processo. Cada processo tem o seu conjunto padrão de KPIs. Um bom valor de DD é a chave para a melhoria contínua e tomada de decisões.

$$DD = \frac{\sum_1^n \text{dados do processo}}{\sum_1^n \text{dados planejados}} \times 100 [\%]$$

O segundo KPI é ligado a DD e mede o uso da informação – “Uso de Dados” (UD). Este KPI mostra que toda informação planejada e coletada deve ser utilizada, por exemplo, para melhoria contínua ou tomada de decisão. Valores baixos de UD são indicativos de um chão de fábrica não controlado por KPIs.

$$UD = \frac{\sum_1^n \text{dados usados}}{\sum_1^n \text{dados planejados}} \times 100 [\%]$$

O terceiro KPI mede a “Taxa de Digitalização” (TD) para todo o processo de transmissão de dados do processo. Desta maneira, todos os dados digitalmente coletados – sem uso de papel – são agrupados e divididos pelo número total de dados coletados do processo. Baixo valor de TD indica a existência de desperdícios na geração de informações relevantes do processo bem como processamento e armazenamento de dados.

$$TD = \frac{\sum_1^n \text{dados na forma digital}}{\sum_1^n \text{todos os dados do processo}} \times 100 [\%]$$

Passo 6: Esferas de atividades em potenciais são classificadas através da análise dos resultados e custo-benefício. Um plano de ação pode ser elaborado para

melhoria do processo produtivo. Os KPIs calculados oferecem duas abordagens para melhoria das atividades: verificar quais são os processos gargalos ou atacar os menores valores dos KPIs calculados para iniciar projetos de digitalização.

## 5 RESULTADOS

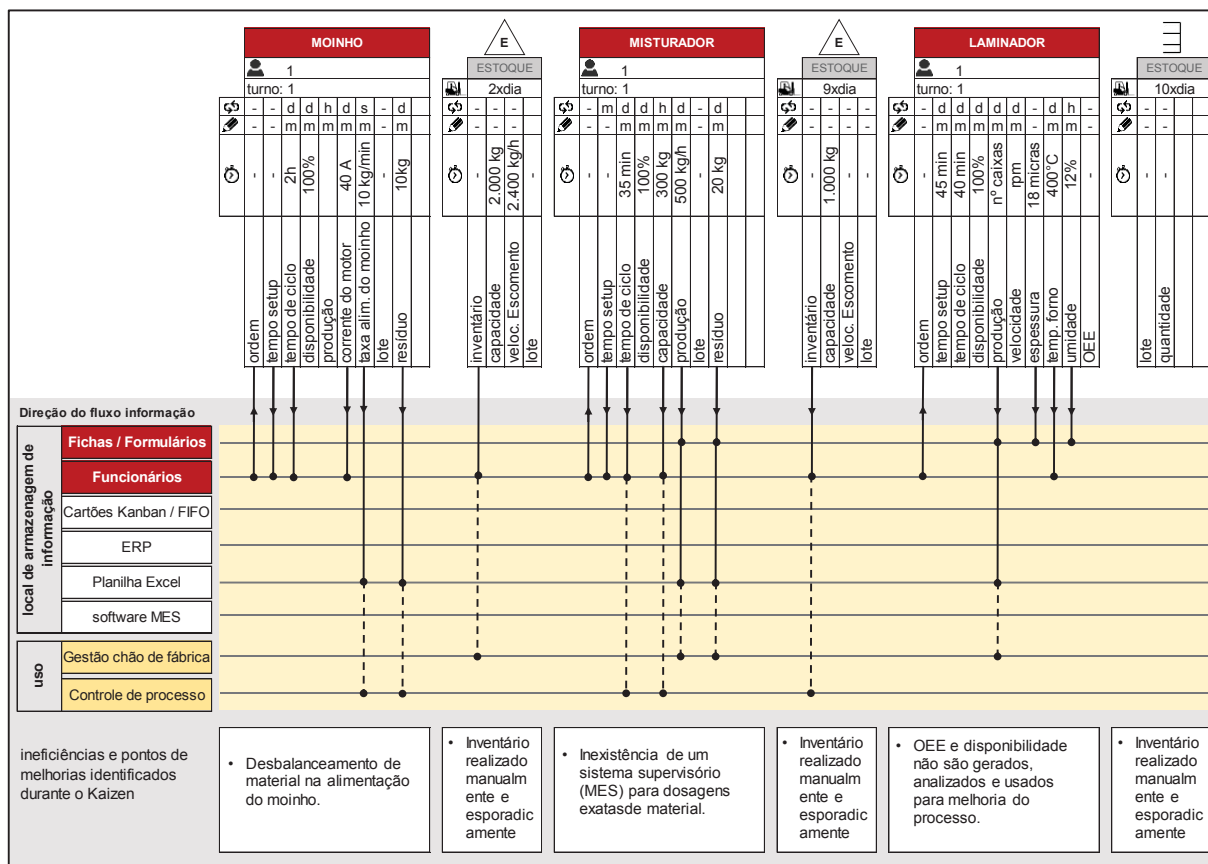
A empresa foco deste estudo de caso é uma empresa de pequeno porte do ramo de tabaco na região metropolitana de Curitiba. A escolha da empresa foi devido ao seu potencial de crescimento em produtividade por já possuir processos automatizados, porém não integrados entre si e por apresentar uma baixa taxa de digitalização no processo de extração dos indicadores de produção. Além disso, grandes volumes de dados podem ser gerados para otimizar o processo de produção.

Atualmente a empresa opera em um único turno. Os principais processos são moagem, mistura e laminação. Todo o processo é realizado por máquinas onde os operadores monitoram as dosagens dos materiais, tempos de ciclo, espessura e umidade do material produzido de acordo com a receita.

A empresa exporta em média três contêineres por mês de seu produto e o sistema produtivo opera para suprir um supermercado de produto acabado suficiente para três contêineres que precisa estar abastecido até o início do mês em que ocorre o envio para o cliente, caracterizando assim, um processo de produção puxado.

O enfoque deste trabalho é medir o nível de digitalização do processo interno da empresa, portanto o VSM4.0 realizado não levou em consideração o nível de estoque do sistema nem o tempo das operações. Na figura 1 é possível visualizar três processos, dois estoques intermediários e um supermercado. Nas mídias de armazenamento de informações do processo como fichas, funcionários e planilhas do MS Excel são listados os dados gerados pelo sistema. Cada dado que possui utilização, ou seja, que contribuem para a gestão da fábrica ou controle do processo são interligados pelas linhas pontilhadas.

FIGURA 1 – MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR 4.0



FONTE: Adaptado de (MEUDT, METTERNICH e ABELE, 2017)

Dessa forma é possível calcular os KPIs DD e UD utilizando as fórmulas apresentadas no passo 5 conforme tabela abaixo.

TABELA 1 – AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE INFORMAÇÃO GERADA

	Moinho	Misturador	Laminador
Dados do Processo	6	6	5
Dados usados	2	4	1
Dados digitalizados	0	0	0
Dados planejados	9	8	10
Disponibilidade de dados	<b>67%</b>	<b>75%</b>	<b>50%</b>
Uso de dados	<b>22%</b>	<b>50%</b>	<b>10%</b>
Taxa de Digitalização	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>

FONTE: O autor (2019)

Conforme demonstrado na tabela os valores de Disponibilidade de Dados estão entre 56% e 75% o que mostra que os gestores não têm dados suficientes sendo gerados para compreender de forma profunda e detalhista o processo.

Em relação ao Uso de Dados, verifica-se de acordo com o método proposto que em todo o processo de fluxo de valor uma pequena quantidade de dados ou KPIs são realmente utilizados. Os valores de Uso de Dados entre 11% e 38% mostram que os KPIs não são utilizados para melhoria do processo.

A Taxa de Digitalização é 0%. Valor considerado crítico, pois demonstra a deficiência do processo em gerar e coletar informações de forma automática, resultado da alta concentração de dados armazenados em fichas e formulários sendo alguns indicadores repassados às planilhas do MS Excel de forma manual por um colaborador responsável.

No último passo, as ideias de melhorias devem ser levantadas e analisadas em relação ao custo-benefício e priorizadas pelo time de especialistas da empresa.

Seguindo o esquema proposto por (SCHULES, 2018) a etapa 2 consiste em verificar quais as tecnologias da Indústria 4.0 podem ser implantadas no processo visando o aumento da digitalização do processo. Após a análise pelo time de especialistas da empresa foram listadas as seguintes tecnologias a seguir:

QUADRO 1 – TECNOLOGIAS INDÚSTRIA 4.0

Tecnologia da Indústria 4.0	Solução	Fabricantes e fornecedores	Indicador envolvido
Automação e Sensores;	Aumentar o número de sensores e atuadores, de modo a melhorar a aquisição dos dados e tornar possível uma lógica mais precisa para tomadas de decisões autônomas.	SIEMENS SCHNEIDER ELECTRIC ABB PENTRONIC BOSCH NATIONAL INSTRUMENTS AVL HORIBA	Indicadores econômicos, horas rodando, horas não disponíveis, falta de recurso, perda de produção, manutenção preventiva.
Manufacturing Execution Systems (MES) e Supervisory control and data acquisition (SCADA);	Utilizar um Sistema SCADA para realizar o monitoramento e supervisão de todos os insumos do processo misturador, realizar o gerenciamento do consumo de GLP e de energia elétrica.	ROCKWELL GE/FANUC SIEMENS ELIPSE	Indicadores econômicos, horas rodando, horas não disponíveis, falta de recurso, perda de produção, manutenção preventiva.
Computação na Nuvem;	Integrar os sistemas do processo em uma nuvem de dados de modo a ter acesso de qualquer lugar, e remotamente ser possível a tomada de decisões.	MICROSOFT IBM SAP	Indicadores econômicos, horas rodando, horas não disponíveis, falta de recurso, perda de produção.

Big Data;	Processamento em tempo real dos indicadores do processo e redução do tempo de tomada de decisão.	SAP ORACLE IBM SPSS DELL	Desempenho, indicadores econômicos e sociais, horas rodando.
-----------	--------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------------------------------

FONTE: O autor (2019)

Nas etapas 3 e 4 são apresentados os potenciais de melhoria e propostas para incremento da digitalização do processo.

Para o processo de Mistura por exemplo, que conta com várias etapas dentre as quais a quantidade de material por batelada é de suma importância, a dosagem correta dos materiais. Nesse processo um sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) pode monitorar as dosagens e controlar todos os tempos de operação de acordo com a sequência definida pela receita e armazenar as informações para geração de indicadores de produção.

O processo de Laminação é um processo onde se pode extrair grandes quantidades de informação relevantes ao processo. Através da Big Data será possível a coleta e interpretação de dados de diferentes fontes em tempo real. É possível também o controle de alguns indicadores ambientais como consumo de GLP e de energia elétrica. Ao realizar a coleta automática das informações a empresa poderá notar uma significativa redução no valor despendido com a compra de papéis para as fichas e formulários, contribuindo positivamente para indicadores ambientais pois tudo poderá ser armazenado em um banco de dados virtual através da computação em nuvem.

## 6 CONCLUSÃO

Através do método utilizado foi possível analisar quais tecnologias da indústria 4.0 podem ser utilizadas para aumentar o nível de digitalização no processo estudado. O mapeamento de fluxo de valor mostrou-se eficaz em expor os pontos onde as tecnologias da I4.0 podem gerar ganhos para o processo. Tais tecnologias permitem a conexão de softwares e máquinas dentro de diferentes sistemas conectados a uma rede colaborativa.

Vale ressaltar ainda a importância do uso de controladores lógicos programáveis (CLPs) que formam uma importante base tecnológica para automação de processos industriais e geração de dados do processo. Outro aspecto não menos relevante é a utilização de atuadores que realizarão de forma automática os comandos inerentes

ao processo como abertura e fechamentos de válvulas dosadoras. A Big Data industrial é a ferramenta ideal para manuseio, análise e interconectividade dos dados gerados. É um recurso valioso e fundamental para auxílio na tomada de decisão e para melhorar ou viabilizar novos processos, produtos e serviços. A velocidade com que os dados são coletados e processados geram à organização uma vantagem competitiva.

Os próximos passos incluem em criar um ambiente onde as ferramentas e tecnologias apresentadas com o maior potencial de aplicação possam ser implantadas para aumentar a produtividade e o nível de digitalização do processo.

## REFERÊNCIAS

- ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G. **The internet of Things: A Survey**. [S.l.], p. P.2787-2805. 2010.
- CNI. **Desafios para Indústria 4.0 no Brasil**. Confederação Nacional das Indústrias. Brasília, p. 37. 2016.
- CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de Produção e de Operações - Manufatura e Serviços: uma abordagem estratégica**. São Paulo: Atlas, 2005. 438 p.
- COUTINHO, L. **A Terceira Revolução Industrial e Tecnológica. As grandes Tendências das Mudanças**. Unicampo. Campinas, p. 67 - 89. 2016.
- FERNANDES, A. M. D. R. **Inteligência Artificial: Noções Gerais**. Florianópolis. 2003.
- KAGERMANN, H. et al. **Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0: Securing the Future of German Manufacturing Industry**. Frankfurt: Acatech - National Academy of Science and Engineering, 2013. Disponível em: <<https://www.din.de/blob/76902/e8cac883f42bf28536e7e8165993f1fd/recommendations-for-implementing-industry-4-0-data.pdf>>.
- KLIMANT, P.; KOLLATSCH, C.; SCHUMMAN, M. M. **Augmented Reality Solutions in Mechanical Engineering**. ASME 2017 12th International Manufacturing Science and Engineering Conference. Los Angeles. 2017.
- LANGMANN, R.; ROJAS-PEÑA, L. **PLCs as Industry 4.0 Components in Laboratory Applications**. Internal Journal of online Biomedical Engineering. Frankfurt, p. 8. 2016.
- LUSTOSA, L. et al. **Planejamento e Controle da Produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008. 349 p. Acesso em: Março 2019.
- MEUDT, T.; METTERNICH, J.; ABELE, E. **Value Stream Mapping 4.0: Holistic Examination of Value Stream and Information Logistics in Production**. CIRP Annals - Manufacturing Technology. Darmstadt, p. 413 - 416. 2017.
- MOKYR, J. **The Second Industrial Revolution, 1870 - 1914**. Evanston. 1998.



PISCHING, M. A. et al. **Service Composition in the Cloud-Based Manufacturing Focused on the Industry 4.0**. Instituto Federal de Santa Catarina. Lages. 2015.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a Enxergar**. São Paulo: Lean Enterprise Institute Brasil, 2000.

RUBMANN, S. M. et al. **Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries**. The Boston Consulting Group: BCG. [S.I.]. 2015.

SANTOS, A. D. P. L. **Introdução à Engenharia de Produção**. Curitiba: GESIT, 2011. 137 p. Acesso em: 19 Maio 2018.

SCHULES, M. V. **Proposta de Diagnóstico Para Adoção das Tecnologias da Indústria 4.0 em um Processo Produtivo com Base em Indicadores de Sustentabilidade: Um Estudo de Caso**. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, p. 90. 2018.

SCHWAB, K. **The Fourth Industrial Revolution**. Genebra: [s.n.], 2016.

SIEMENS. **Siemens e-book Indústria 4.0**. Siemens. [S.I.]. 2016.

SILVA, T. **Aplicação de um Método de Diagnóstico das Tecnologias da Indústria 4.0 com Indicadores de Sustentabilidade em um Laboratório de Motores: Um Estudo de Caso**. UFPR. CURITIBA, p. 91. 2019.

WAN, J.; CAI, H.; ZHOU, K. **Intelligent Computing and Internet of Things (ICIT)**. IEEE. [S.I.]. 2014.

ZIKOPOULOS, P. et al. **Harness the Power of Big Data**. The IBM Big Data Platform. [S.I.]. 2012